



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03405218.3

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Anmeldung Nr:
Application no.: 03405218.3
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 01.04.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Optosys SA
route André Piller 50
1762 Givisiez
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Rauscharmer Lichtempfänger

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H03F3/08

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Rauscharmer Lichtempfänger

Die Erfindung bezieht sich auf einen rauscharmen Lichtempfänger gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1.

5

Bei der Umwandlung von Licht in elektrischen Strom zum Zweck der Signalübertragung sind sowohl die Anforderungen wie auch die Realisierungsmöglichkeiten vielfältig. Praktisch immer soll dabei die Umwandlung bei gegebener Signalbandbreite und
10 Empfangslichtstärke möglichst rauscharm erfolgen.

Ein sehr häufig eingesetztes Element zur Umwandlung von Lichtsignalen in elektrische Signale ist die Photodiode. Sie ist anderen Wandlern in vielen Fällen überlegen. Da das von
15 einer Photodiode abgegebene elektrische Signal normalerweise sehr schwach ist, muss es mit Hilfe eines Verstärkers verstärkt werden, bevor es genutzt werden kann. Photodiode und Verstärker bestimmen bei gegebener Bandbreite und Empfangslichtstärke weitgehend das Signal-Rausch-Verhältnis,
20 welches das am Ausgang des Verstärkers zur Verfügung stehende Signal aufweist. Als Literatur zum entsprechenden Stand der Technik sei beispielsweise das Buch "Photodiode Amplifiers" von Jerald G. Graeme, McGraw-Hill, New York, 1996 genannt.

25

Fig. 1 zeigt eine üblicherweise eingesetzte Anordnung von Photodiode 10 und Verstärker 20. Die Photodiode 10 ist an den invertierenden Eingang 21 des Verstärkers 20 angeschlossen und über einen Arbeitswiderstand 15' mit dem
30 Ausgang 23 des Verstärkers 20 verbunden. Die am Ausgang 23 gemessene Spannung V_{out} ist im Wesentlichen proportional zum Strom, welchen die Photodiode 10 beim Empfangen der von einer Lichtquelle 9 ausgesendeten Lichtsignale erzeugt. Die

Anordnung gemäss Fig. 1 wirkt demnach als Strom/Spannungs-Konverter.

Die wesentlichen Rauschquellen der Anordnung gemäss Fig. 1 sind die Photodiode 10 und der Arbeitswiderstand 15'. Das Rauschen des Verstärkers 20 hingegen ist bei starkem Umgebungslicht, wie es bei Sensorik-Anwendungen vorhanden sein kann, vernachlässigbar. Der Arbeitswiderstand 15' erzeugt aufgrund von thermischen Rauschen einen Rauschstrom, welcher den Hauptteil des Gesamtrauschens ausmacht. Ein grundsätzlicher Nachteil der Anordnung gemäss Fig. 1 besteht nun darin, dass der Arbeitswiderstand 15' so dimensioniert sein muss, dass auch dann keine Sättigung des Verstärkers 20 auftritt, wenn ein starkes Umgebungslicht (in der Mittagssonne z.B. ca. 100'000 Lux) dem Lichtsignal der Lichtquelle 9 überlagert ist. Eine Sättigung des Verstärkers 20 wird durch Wahl eines relativ kleinen Arbeitswiderstandes 15' verhindert. Bei einer Photodiode mit einer Chipfläche von 1 mm² beispielsweise liegt dieser bei ca. $R_f = 22 \text{ k}\Omega$. Ein kleiner Widerstand R_f führt jedoch zwangsläufig zu einem relativ hohen Wert für den durch den Widerstand 15' erzeugten thermischen Rauschstrom. Dies ist aus der Formel 1 ersichtlich, gemäss welcher

$$i_m = \sqrt{\frac{4kT\Delta f}{R_f}} \quad (\text{Formel 1})$$

wobei

i_{nt} = thermischer Rauschstrom [A]
 k = Boltzmann-Konstante, $1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$
 T = Temperatur in Kelvin [K]
 Δf = Rauschbandbreite [Hertz]
 R_f = Arbeitswiderstand [Ohm]

Ein übermässiges Rauschen des Lichtempfängers ist jedoch nachteilig, da dadurch ein entsprechend schlechtes Signal-Rausch-Verhältnis resultiert.

5

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Lichtempfänger zu schaffen, welcher auch bei starkem Umgebungslicht funktionsfähig bleibt, jedoch ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis

10 aufweist.

Ein Lichtempfänger, der diese Aufgabe löst, ist im Anspruch 1 angegeben. Die weiteren Ansprüche geben bevorzugte Ausführungen an.

15

Der Lichtempfänger gemäss Anspruch 1 hat den Vorteil, dass er auch bei starkem Umgebungslicht einsetzbar ist, jedoch aufgrund seines geringeren Rauschens ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis aufweist.

20

Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf Figuren erläutert. Es zeigen

25 Fig. 1 einen bekannten Lichtempfänger;

Fig. 2 einen erfindungsgemässen Lichtempfänger;

Fig. 3 die Transmissionskurve 51 eines Farbfilters, die
30 spektrale Empfindlichkeit 60 einer typischen Silizium-Photodiode sowie die spektrale Energieverteilung 70 des Sonnenlichts;

Fig. 4 die Transmissionskurve 41 eines dielektrischen optischen Filters sowie die beiden Kurven 60 und 70 gemäss Fig. 2;

5 Fig. 5 eine Überlagerung der Figuren 3 und 4; und

Fig. 6 die spektrale Empfindlichkeit 61 von verschiedenen wellenlängenselektiven Photodioden, die Kurve 60 gemäss Fig. 3 sowie die theoretisch erzielbare Grenze 63
10 der spektralen Empfindlichkeit.

Der in Fig. 2 gezeigte Lichtempfänger umfasst einen Lichtsensor, der beispielsweise eine Photodiode 10 üblicher Art ist, sowie einen Verstärker 20 beispielsweise in Form
15 eines Operationsverstärkers. Die Kathode 11 der Photodiode 10 ist an dem invertierenden Eingang 21 des Verstärkers 20 angeschlossen, die Anode 12 der Photodiode 10 sowie der nicht-invertierende Eingang 22 des Verstärkers 20 sind an
20 Masse gelegt. Die Photodiode 10 gemäss Fig. 2 ist somit im photovoltaischen Modus betrieben, d.h. es ist keine äussere Spannung an die Photodiode 10 angelegt. Es ist jedoch auch denkbar, die Photodiode 10 in Sperrrichtung zu betreiben (photoleitender Modus).

25 Der Ausgang 23 des Verstärkers 20 ist mit einem Widerstand 15 verbunden, der wiederum am invertierenden Eingang 21 des Verstärkers 20 angeschlossen ist, sodass dadurch das Ausgangssignal des Verstärkers 20 rückgekoppelt werden kann.

30 Wie Fig. 2 weiter zeigt, sind zusätzlich elektrische Filtermittel 29 und 30 vorgesehen, die parallel zum Widerstand 15 angeschlossen sind. Die Filtermittel 29 und 30 sind dazu mit dem Ausgang 23 des Verstärkers 20 und mit seinem invertierenden Eingang 21 verbunden, sodass ein

Gegenkopplungspfad 31 gebildet ist. Sie umfassen ein Tiefpassfilter 29 und eine damit verbundene Stromsenke 30 z.B. in Form einer stromgesteuerten oder spannungsgesteuerten Stromquelle. Die Stromsenke 30 bildet
5 das Stellglied einer Regelstrecke, wobei die Regelung in der Anordnung gemäss Fig. 2 durch die Gegenkopplung erzielt wird. Stromsenke 30 sowie Tiefpassfilter 29 sind dem Fachmann bekannt und werden daher nicht eingehender beschrieben.

10

Beim Empfangen von Lichtsignalen einer Nutzlichtquelle 9 wie einer Leuchtdiode erzeugt die Photodiode 10 einen Photostrom als Nutzsignal. Die Lichtsignale werden dabei in Form von Lichtimpulsen in einer bestimmten Pulsfrequenz F_p
15 ausgesendet, sodass das Nutzsignal ebenfalls die Frequenz F_p aufweist.

Ist nun eine Störlichtquelle wie natürliches oder künstliches Umgebungslicht vorhanden, so erzeugt die
20 Photodiode 10 einen zusätzlichen, unerwünschten Photostrom als Störsignal, welches dem Nutzsignal überlagert ist.

Die Frequenz F_p ist so gewählt, dass der Frequenzbereich des Umgebungslicht wesentlich tiefer ist. Typischerweise ist F_p
25 = 15 kHz. Übliche Lampen z.B. weisen hingegen eine Modulationsfrequenz von 100 Hz auf. Diese Erkenntnis erlaubt es, den durch die Photodiode 10 erzeugten Photostrom in eine dem Nutzsignal entsprechende und in eine dem Störsignal entsprechende Komponente aufzuteilen und diese beiden
30 Komponenten getrennt zu verarbeiten. Dazu sind die elektrischen Filtermittel 29 und 30 des Lichtempfängers entsprechend der Frequenz F_p ausgelegt. Die Grenzfrequenz des Tiefpassfilters 29 ist dabei kleiner als die Frequenz F_p gewählt, so dass das Nutzsignal nur vernachlässigbar

gegengekoppelt wird und demnach der Stromsenke 30 im Wesentlichen das Störsignal zugeführt wird. Die Stromsenke 30 ihrerseits wird durch die Gegenkopplung so geregelt, dass sie einen Strom als Korrektursignal erzeugt, welche das zugeführte Störsignal im Wesentlichen kompensiert.

Der Gegenkopplungspfad 31 wirkt demnach wie eine Frequenzweiche, die Stör- und Nutzsignal trennt. Da nun durch den Widerstand 15 im Wesentlichen der Anteil des Photostroms fliesst, der dem Nutzsignal entspricht, braucht dieser lediglich für die maximal zu verarbeitende Nutzsignalamplitude ausgelegt werden. Dies ist im Gegensatz zur Anordnung gemäss Fig. 1, bei welcher der Widerstand 15 für die Summe von Störsignal und Nutzsignal auszulegen ist, um eine Sättigung des Verstärkers vorzubeugen. Für den Widerstand 15 kann deshalb ein wesentlich höherer Wert gewählt werden (typischerweise ca. $R_f = 1 \text{ MOhm}$), sodass er gemäss der Formel 1 ein entsprechend geringeres Rauschen erzeugt.

Zwar stellen die Filtermittel 29, 30 zusätzliche, unerwünschte Rauschquellen dar, jedoch verglichen mit der Reduktion, die durch den Einsatz eines höherohmigen Widerstandes 15 erzielbar ist, ist das zusätzliche Rauschen vernachlässigbar. Der dominierende Anteil des von der Stromsenke 30 erzeugten Rauschens ist Schrotrauschen (unregelmässige Stromschwankungen, die dadurch entstehen, dass der Ladungstransport durch die Bewegung diskreter Ladungsträger zustande kommt). Wie weiter unten zur Formel 2 genauer erläutert wird, ist das Schrotrauschen im Wesentlichen proportional zur Wurzel des fliessenden Stroms. Da der durch die Stromsenke 30 erzeugte Strom im Wesentlichen gleich dem Photostrom ist, ergibt sich eine Erhöhung des Gesamtrauschens um lediglich $2^{1/2} \approx 1.41$. Gemäss

obigem Beispiel ist hingegen die Reduktion des Rauschens durch den Einsatz eines höherohmigen Widerstandes wesentlich grösser: $(1 \text{ MOhm}/22 \text{ kOhm})^{1/2} \approx 6.75$. Das Rauschen des Tiefpassfilters 29 ist vernachlässigbar, da es in einem
5 tiefen und daher nicht relevanten Frequenzbereich liegt.

Der Einsatz der Filtermittel 29 und 30 gemäss Fig. 2 ermöglicht es, das Nutz- und Störsignal zu trennen, sodass mit den Signalverarbeitungsmitteln 15, 20 lediglich im
10 Wesentlichen das Nutzsignal verarbeitet werden kann, währenddem das Störsignal in die Stromsenke 30 abgeleitet wird. Dadurch kann das Rauschen des Lichtempfängers gesenkt werden, wobei gleichzeitig einer Sättigung des Verstärkers 20 durch Umgebungslicht vorgebeugt wird.

15 Optional umfasst der in Fig. 2 gezeigte Lichtempfänger weiter ein elektrisches Bandpassfilter 35 bekannter Art, welches in Serie mit dem Ausgang des Verstärkers angeschlossen ist. Das Bandpassfilter 35 ist so ausgelegt,
20 dass es das Nutzsignal weitgehend unbeeinflusst passieren lässt, während die nicht gewünschten Komponenten des Spektrums rauschvermindernd herausgefiltert werden. Dadurch kann das Signal-Rausch-Verhältnis weiter verbessert werden.

25 Bei starkem Umgebungslicht kann die Photodiode 10 einen so hohen Photostrom erzeugen, dass ein unter Umständen nicht mehr vernachlässigbares Schrotrauschen entsteht. Das Schrotrauschen ist gegeben durch

30
$$i_{ns} = \sqrt{2q(I_d + I_{ph})\Delta f} \quad (\text{Formel 2})$$

wobei

i_{ns} = Schrot-Rauschstrom [A]

q = Elektronenladung, 1.6×10^{-19} Coulomb

I_d = Dunkelstrom [A]

I_{ph} = Photostrom [A]

Δf = Rauschbandbreite [Hertz]

5

Zur Unterdrückung vor allem dieses Schrotrauschen sind daher als weitere Option optische Filtermittel 40 und 50 vorgesehen, mit welchen das auf die Photodiode 10 einfallende Umgebungslicht reduziert werden kann. Die optischen Filtermittel 40 und 50 sind entsprechend der Wellenlänge λ_0 des von der Leuchtdiode 9 ausgesendeten Lichtsignals (z.B. $\lambda_0 = 0.680 \mu\text{m}$) ausgelegt und umfassen ein erstes Filter 40 sowie vorzugsweise ein zweites Filter 50.

15 Das erste Filter 40 ist ein dielektrisches Bandpassfilter (Interferenzfilter mit einer bestimmten Anzahl von dünnen, dielektrischen Schichten). Kurve 41 in Fig. 4 zeigt das Durchlassverhalten eines geeigneten Bandpassfilters 40 in Abhängigkeit der Wellenlänge λ des einfallenden Lichts (Transmissionskurve). Der Durchlassbereich ist auf die Wellenlänge λ_0 der Nutzlichtquelle 9 abgestimmt und relativ
20 schmal, wobei die Flanken der Kurve 41 vorteilhafterweise steil sind.

25 Die Charakteristik des Bandpassfilters 40 ist für einen bestimmten Wellenlängenbereich spezifiziert ("Nahbereich"). Die untere und obere Grenze dieses Wellenlängenbereichs werden im Folgenden mit λ_1 bzw. λ_2 bezeichnet. Die Breite des Wellenlängenbereichs $\lambda_2 - \lambda_1$ ist unter anderem durch die Anzahl
30 der verwendeten optischen Schichten gegeben. Beim Bandpassfilter 40 mit der in Fig. 4 gezeigten Transmissionskurve 41 werden ca. sechzig optische Schichten verwendet, so dass λ_1 bei etwa $0.4 \mu\text{m}$ und λ_2 bei etwa $1.2 \mu\text{m}$ zu liegen kommen.

Ausserhalb des spezifizierten Wellenlängenbereichs ($\lambda < \lambda_1$ bzw. $\lambda > \lambda_2$, "Fernbereich") zeigt ein dielektrisches Bandpassfilter jedoch ein schlechtes Sperrverhalten. Die
5 Herstellung eines Bandpassfilters mit einem sehr breiten Wellenlängenbereich ist aufgrund der grossen Anzahl der nötigen optischen Schichten aufwendig und teuer.

Um ein gutes Sperrverhalten für Wellenlängen kleiner als λ_1
10 zu garantieren, ist zusätzlich ein zweites Filter 50 nach dem Bandpassfilter 40 angeordnet. Das zweite Filter 50 ist ein Farbfilter und ist z.B. durch Einfärbung von Kunststoff oder Glas hergestellt. Kurve 51 in Fig. 3 zeigt das Durchlassverhalten eines geeigneten Farbfilters 50. Dieses
15 absorbiert Licht mit einer Wellenlänge von weniger als λ_0 und insbesondere weniger als λ_1 , währenddessen es für Licht mit einer Wellenlänge von mehr als λ_0 nahezu durchlässig ist. Es wirkt demnach wie ein Kantenfilter.

20 Da die üblichen Photodioden für grosse Wellenlängen kaum empfindlich sind, fällt ein schlechtes Sperrverhalten des Bandpassfilters 40 für den Bereich $\lambda > \lambda_2$ kaum ins Gewicht. Fig. 4 zeigt die spektrale Empfindlichkeit 60 einer typischen Photodiode aus Silizium (normiert mit dem
25 Maximalwert). Die Empfindlichkeit ist für Wellenlängen grösser als λ_2 nahezu Null. Es ist jedoch denkbar, weitere Farbfilter zu verwenden, um das Sperrverhalten des Bandpassfilters 40 bei grösseren Wellenlängen zu verbessern. Zum Vergleich ist in Fig. 4 ebenfalls die spektrale
30 Energieverteilung 70 des Sonnenlichts (normiert mit dem Maximalwert) gezeigt.

Durch hintereinanderliegende Anordnung eines dielektrischen Bandpassfilters 40 mit einer Charakteristik gemäss Kurve 41

und eines Farbfilters 50 mit einer Charakteristik gemäss Kurve 51, resultiert ein schmalbandiges optisches Filter mit sehr steilen Flanken und mit gleichzeitig sehr guten Sperreigenschaften im Fernbereich. Wie Fig. 5 zeigt, liegt
5 die Flanke des Farbfilters am kurzwelligen Ende des Durchlassbereichs des Bandpassfilters 41. Durch Verwendung der optischen Filtermittel 40 und 50 kann ein grosser Teil des Umgebungslichts, welches im empfindlichen Bereich der Photodiode 10 liegt, wirksam herausgefiltert werden und so
10 insbesondere das Schrotrauschen der Photodiode 10 stark reduziert werden.

Eine zusätzliche optische Filterung kann durch die Verwendung wellenlängenselektiver Photodioden erzielt
15 werden. Diese sind lediglich in einem engen Wellenlängenbereich um λ_0 empfindlich. Fig. 6 zeigt die Durchlasskurven 61 von sechs verschiedenen solchen wellenlängenselektiven Photodioden. Die Filterwirkung wird durch Wahl und Dotierung des Halbleitermaterials der
20 Photodiode festgelegt. Zum Vergleich sind die Empfindlichkeitskurve 60 einer Silizium-Photodiode gemäss Fig. 3 sowie die theoretisch mögliche Grenzlinie 63 gezeigt.

Die Anwendung der hier beschriebenen elektrischen und
25 optischen Filtermittel führt zu einer wesentlichen Reduktion des Rauschens auch bei breitbandigem, starkem Umgebungslicht. Je nach Art und Intensität des Umgebungslichts kann eine Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses erzielt werden, welche im Bereich von 15 bis
30 20 dB liegt. Dadurch kann eine höhere Reichweite zwischen Lichtempfänger und Nutzlichtquelle und/oder eine grössere Bandbreite des Nutzsignals erreicht werden.

- 11 -

Lichtempfänger werden u.a. bei photoelektrischen
Näherungsschaltern verwendet, die z.B. im Fertigungs-,
Förder- sowie Lagerbereich als Sensor zur Feststellung eines
in einem Überwachungsbereich vorhandenen Gegenstandes zur
5 Anwendung kommen. Durch Einsatz des hier beschriebenen
Lichtempfängers kann die Leistungsfähigkeit eines solchen
Näherungsschalters wesentlich erhöht werden.

Aus der vorangehenden Beschreibung sind dem Fachmann
10 zahlreiche Abwandlungen zugänglich, ohne den Schutzbereich
der Erfindung zu verlassen, der durch die Ansprüche
definiert ist.

Die hier beschriebenen Massnahmen zur Verminderung des
15 Rauschens hängen primär nicht von der Art und der
Betriebsweise des verwendeten Lichtsensors ab. So ist z.B.
eine wesentliche Rauschverminderung auch für eine Photodiode
10 erzielbar, die mit einer Vorspannung in Sperrrichtung
betrieben wird (photoleitender Modus).

20 Weiter ist es denkbar, anstelle des Tiefpassfilters ein
elektrisches Bandsperrfilter zum Herausfiltern des
Nutzsignals im Gegenkopplungspfad zu verwenden. Allerdings
sind dann weitere elektrische Elemente nötig, um ein stabile
25 Gegenkopplung zu erzielen. Im Weiteren ist auch die
Verwendung digitaler Filter möglich.

- - - - -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Patentansprüche

1. Rauscharmer Lichtempfänger mit
einem Lichtsensor (10), insbesondere Photodiode, mit
5 welchem ein Sensorsignal erzeugbar ist, das ein von einer
Nutzlichtquelle (9) herrührendes Nutzsignal und ein
Störsignal umfasst, und mit
Verarbeitungsmitteln (15, 20), die mit dem Lichtsensor
in Wirkverbindung stehen, zur Verarbeitung des
10 Sensorsignals, sodass ein Ausgangssignal (V_{out}) erzeugbar
ist, gekennzeichnet durch
elektrische Filtermittel (29, 30) zum Herausfiltern
des Störsignals, welche mit dem Lichtsensor in
Wirkverbindung stehen und mit welchen ein Korrektursignal
15 erzeugbar ist, welches das Störsignal im Wesentlichen
kompensiert, sodass mit den Verarbeitungsmitteln im
Wesentlichen das Nutzsignal verarbeitbar ist.
2. Lichtempfänger nach Anspruch 1, dadurch
20 gekennzeichnet, dass die elektrischen Filtermittel eine
Stromsenke (30) und ein Tiefpassfilter (29) umfassen.
3. Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Stromsenke (30) regelbar
25 ist, sodass das Störsignal im Wesentlichen kompensiert
werden kann.
4. Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass die Verarbeitungsmittel einen
30 Verstärker (20) mit einem Rückkopplungswiderstand (15)
umfassen, der vorzugsweise so dimensioniert ist, dass das
Rauschen gering ist.

5. Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Filtermittel (29, 30) parallel mit den Verarbeitungsmitteln (15, 20) verbunden sind.
- 5
6. Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass er ein optisches Bandpassfilter (40), insbesondere dielektrisches Bandpassfilter aufweist, welches vorzugsweise schmalbandig ist.
- 10
7. Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass er mindestens ein optisches Kantenfilter (50), insbesondere Farbfilter aufweist.
- 15
8. Lichtempfänger nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Flanke des Kantenfilters (50) am kurzwelligen Ende des Durchlassbereichs des Bandpassfilters (40) liegt.
- 20
9. Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtsensor eine Photodiode ist, die vorzugsweise wellenlängenselektiv ist.
- 25
10. Anwendung eines Lichtempfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 9 in einem photoelektrischen Näherungsschalter.

Zusammenfassung

Der rauscharme Lichtempfänger umfasst folgende Komponenten:

- 5 - einen Lichtsensor (10), insbesondere Photodiode, mit
 welchem ein Sensorsignal erzeugbar ist, das ein von einer
 Nutzlichtquelle (9) herrührendes Nutzsignal und ein
 Störsignal umfasst,
- Verarbeitungsmittel (15, 20), die mit dem Lichtsensor in
10 Wirkverbindung stehen, zur Verarbeitung des Sensorsignals,
 sodass ein Ausgangssignal (V_{out}) erzeugbar ist, und
- elektrische Filtermittel (29, 30) zum Herausfiltern des
 Störsignals, welche mit dem Lichtsensor in Wirkverbindung
15 stehen und mit welchen ein Korrektursignal erzeugbar ist,
 welches das Störsignal im Wesentlichen kompensiert, sodass
 mit den Verarbeitungsmitteln im Wesentlichen das
 Nutzsignal verarbeitbar ist.

- - - - -

20

(Figur 2)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

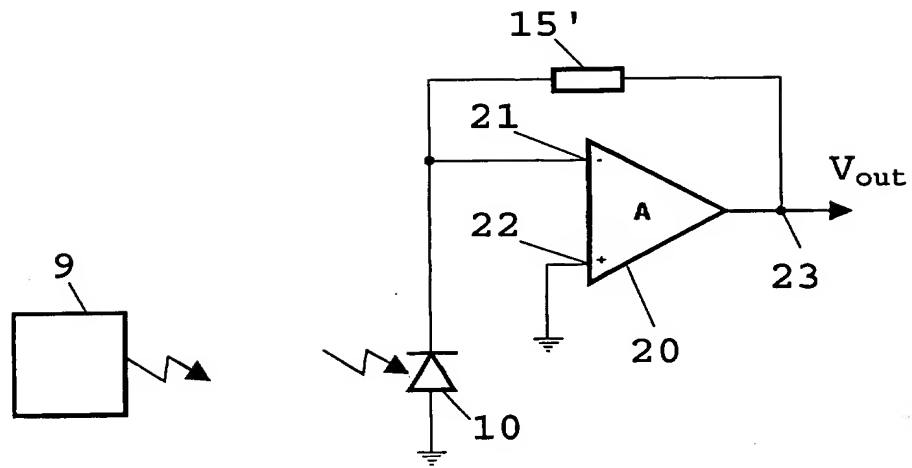


Fig. 1

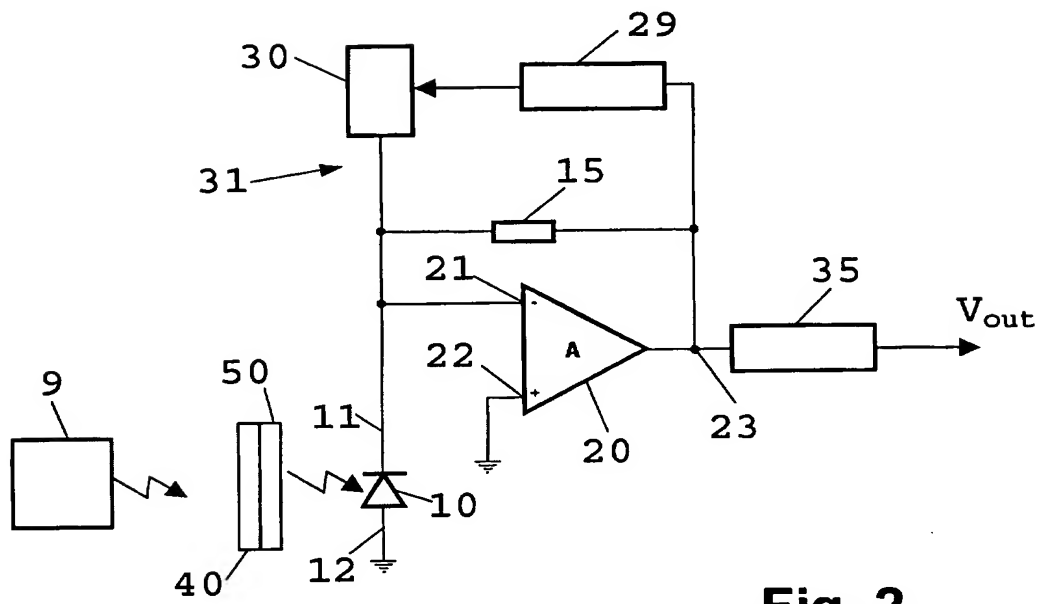


Fig. 2

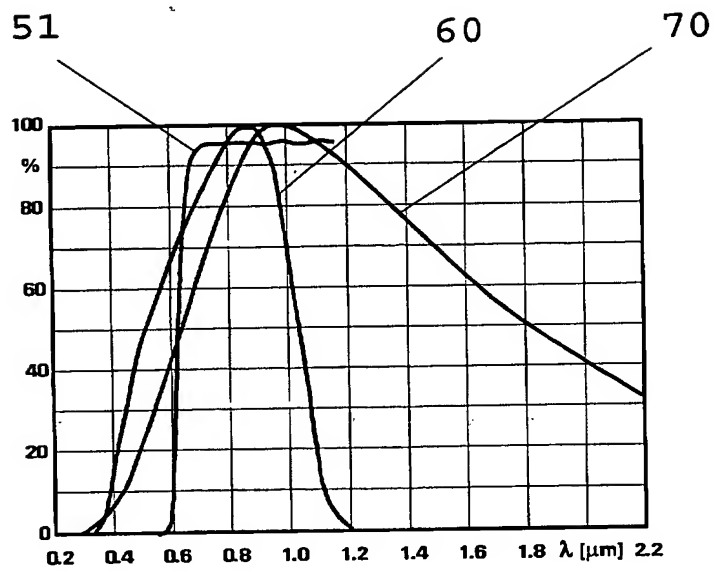


Fig. 3

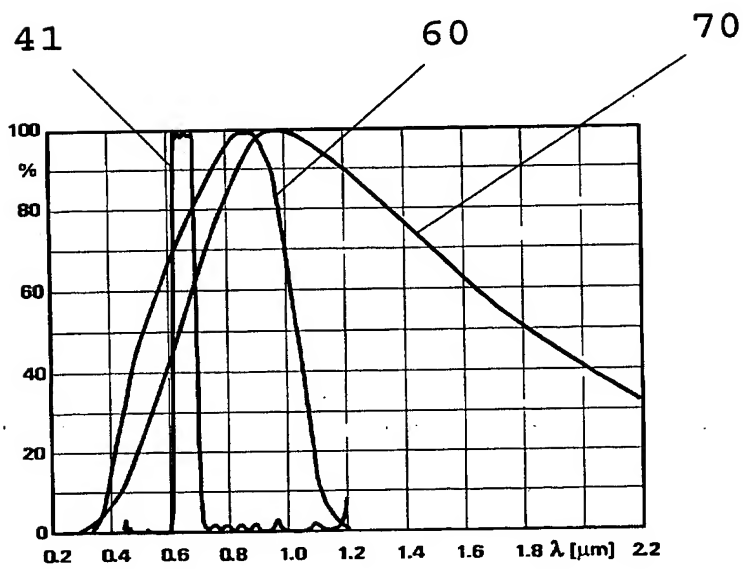
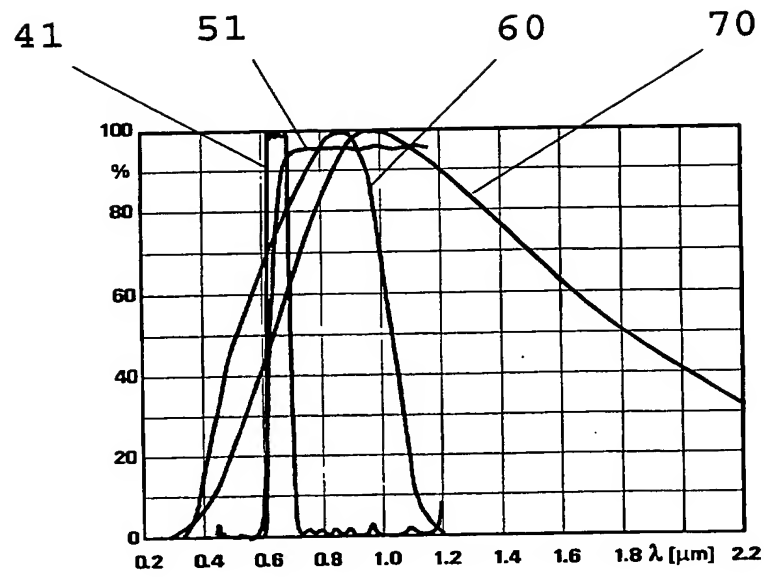
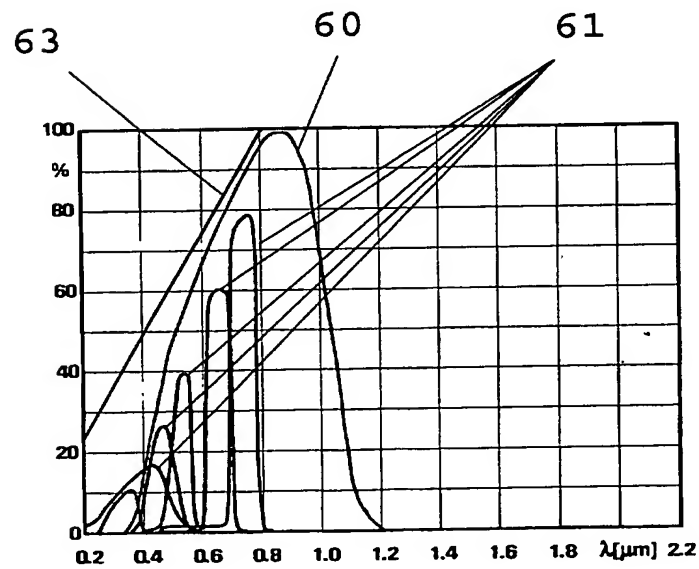


Fig. 4

**Fig. 5****Fig. 6**

THIS PAGE BLANK (USPTO)